

OHM 科学丛书

光接入网技术

岛田祯晋 监修 山下一郎 川濑正明 太田纪久 著

¥15.63
2/8

OHM社

TN915.03
5254

756281

OHM 科学丛书

光接入网技术

岛田 禎 晋 监修

山下一郎

川濑正明 共著

太田纪久

杨明君 许秀英 译

本册编订



2013

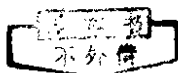


21113001109645

科学出版社

OHM 社

1998



图字:01-98-0693号

图书在版编目(CIP)数据

光接入网技术/(日)山下一郎等著;杨明君等译, - 北京:科学出版社,
1998.10

(OHM科学丛书)

ISBN 7-03-006768-1

I.光… II.①山… ②杨… III.光缆通信-通信网 IV.TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第13408号

科学出版社 出版

OHM社

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998年10月第 版 开本:850×1168 1/32

1998年10月第一次印刷 印张:5 3/4

印数:1-4 000 字数:145 000

定价:12.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

译者的话

通信技术在最近十几年间取得了突飞猛进的发展,不少国家已在采用和发展数据通信、图像通信、光纤通信、卫星通信以及大容量数字微波通信等技术,尤其是在光缆 SDH 通信技术、微波 SDH 通信技术方面实现了大容量、宽频带,并得到了更加深入、更加广泛地普及和应用。

本书主要介绍了光缆通信的起步、普及和光纤到家庭三个阶段的关键技术,从应用和科研的角度详细地描述了光源、光接收器、光纤放大器技术;又从系统构成方面详细、全面地介绍了单星型、双星型、有源型、无源型构成方法和光纤生产制造、高密度光缆成缆技术、低损耗光纤接续技术以及简易光纤损耗测量、光连接器技术;同时,又叙述了光通信的未来发展趋势。最后,对世界各国的光纤到家庭的研究、试验情况和日本应用光接入网技术、高速数字通信网、光用户复用传输系统以及宽频带综合业务数字网等技术,进行了全面介绍。

本书的特点是内容丰富、材料新颖、观点明确、通俗易懂、用途广泛,特别是对通信领域的工程设计、施工以及对科研、教学和维护管理部门有较强的实用价值;本书介绍的光接入网技术,对我国光接入网技术的发展亦有参考价值。故将此书翻译出来供从事通信工程科研、设计、施工、维护、教学以及工程管理等部门的广大技术人员参考借鉴。

本书第八章由许秀英同志翻译,第一章至第七章由杨明君同志翻译并汇总。技术上请邮电部电信传输研究所高级工程师、光通信专家李英灏同志审阅并定稿。

由于水平有限,错误之处,敬请读者指正。

译者

前 言

自从 1878 年格雷汉·贝尔先生发明电话以来,人们提起通信就认为是电话,“电话即金属电缆线”。以致使用铜线的电话系统普及到了世界各国,目前,这种电话通信系统已经发展成为全球规模的巨大通信系统。

在以电话为核心的约 120 年通信历史当中,从电话拥有 100 年历史的 70 年代后半叶起,应用光纤技术的光缆通信系统开始起步,从此迎来了大幅度改变通信系统内容的时代。即光缆通信方式首先在长距离通信网上得到了应用,从而加快了通信网的数字化发展速度。同时在通信系统的入口部分,即接入网上也采用了光缆通信方式。本书将要介绍的精髓就是光接入网方面的技术问题。

本世纪 80 年代前半期,世界上开始提倡光用户系统,并通过 Milton Keynes(英国)、Biaritz(法国)、Chicago(美国)、Elie(加拿大)、生驹、三鹰(日本)等进行的现场试验取得了丰富的新经验,并以此为开端,启动了全世界各国科技界对光用户系统技术的研究开发工作。在技术上从 GI(渐变)型多模光纤向 SM(阶跃)型单模光纤、从模拟方式向数字方式、从单星型向双星型转变,并研究和采用了符合不同用户需要的各种光接入网技术。首先根据光的宽频带特性,从大宗商业用户方面开始推行光用户系统的应用工作,并充分发挥光的低损耗特性,将光缆从城市的市中心地区敷设到了边远乡镇街道的用户家中。

目前,世界各国计划在 1995 年至 2000 年之间以光纤到家庭(FTTH: Fiber to the home)为目标,将光纤引入到每一个普通家庭用户,而且这种活动非常活跃。如美国总统领导的高功能运算和高速通信系统(HPCC)工程、德国的东部地区光通信系统工程、英国

的 PON 光通信系统工程、日本的可视智能个人通信系统 VI&P 工程等。

本书从技术、系统、网络等方面介绍了光缆通信系统的技术特点和目前正在开发研究过程中的光接入系统的构成情况,以及要达到何种目的等。由于通信网的人口部分是接入网,接入网与公用通信网的长途通信网不一样,它关系到各国的城市规模大小、人口密度、文化及生活环境以及对有线电视(CATV)的法律条款限制等因素。因此各国光接入网技术的最终目标相同,但其发展过程以及所处的发展时期是不一样的。如果人们关心光接入网技术的发展,并了解各国的发展目标及传输方式等的不同情况,对发展普及光接入网技术非常有利。光接入网技术属于研究开发速度快的技术领域,因此,必须广泛地收集最新的数据,让我们为更多的读者理解和认识它而做出努力。本书如有不当之处,敬请指导。

本书将光用户系统、光用户线路网等的名称统称为光接入系统、光接入线路网。1992 年 12 月随着国际电信联盟(ITU)的改组,国际电话电报通信咨询委员会(CCITT)的名称被改编成 ITU-TS(Telecommunication Standardization Sector:电联通信标准化部)。

因此,CCITT 建议将 G.709 改为 ITU-T G.709,由于改组时间不久,本书决定继续使用原来的 CCITT 建议(ITU-T)的标记方法。

最后,向在本书编写过程中参与光用户系统编写工作的众多先生们表示感谢,特别对执笔帮助编写本书的岛田禎晋、三木哲也、涌井裕先生表示由衷地感谢。同时,感谢在本书出版之际给予大力协助的欧姆出版社的各位先生。

作 者

目 录

第0章 克林顿总统和光通信	1
参考文献	7
第1章 综合业务数字网(ISDN)和光接入系统	8
1.1 综合业务数字网(ISDN)	8
1.1.1 综合业务数字网(ISDN)出现之前的通信状况	8
1.1.2 综合业务数字网(ISDN)	9
1.2 光纤到家庭(FTTH)	11
1.2.1 利用铜线的通信方式	11
1.2.2 光纤到家庭(FTTH)	11
1.3 光通信技术的今昔	13
1.3.1 光的波长	13
1.3.2 光源和光纤的出现	14
1.3.3 光通信技术的发展过程	14
1.4 光接入系统深受人们关注的原因	18
1.4.1 综合业务数字网(ISDN)和光中继网	18
1.4.2 ISDN网和光接入网	18
1.4.3 光纤到办公室(FTTO)	20
1.5 光接入系统的关键技术	22
1.5.1 1根光纤的上行、下行信息的传输技术	22
1.5.2 1根光纤的多用户信息传输技术	23
1.5.3 1根光纤的多种业务信息传递技术	25
1.5.4 供电方式	26
1.6 世界各国的发展动态	27
参考文献	29
第2章 光接入系统的基础	30
2.1 光缆传输技术与电缆传输技术的不同点	30

2.1.1 利用对称电缆的金属电缆传输方式	30
2.1.2 利用单模光纤的光缆传输方式	31
2.2 光纤对用户系统的影响	33
2.3 远距离敷设光纤的特点	34
2.3.1 线路网构成的变化	34
2.3.2 接入网构成的变化	36
2.4 传送多种信息的特点	37
2.5 抗雷电危害的特点	38
2.6 综合业务数字网(ISDN)采用光接入系统的原因	40
2.7 关键器件	41
2.7.1 发光元件	42
2.7.2 接收元件	44
2.7.3 光分支电路	45
2.7.4 波分复用电路	47
2.7.5 光收发信模块	48
2.7.6 光放大器	50
2.7.7 光分离器	52
参考文献	54
第3章 系统构成	56
3.1 街道上的光缆敷设状况	56
3.2 建筑物内的系统构成	59
3.3 从电话局到用户住宅的传输状况	61
3.3.1 用户层划分	61
3.3.2 单星型或双星型构成	63
3.3.3 有源型或无源型构成	63
3.3.4 用户分类和系统构成	64
3.4 网络特性	66
参考文献	68
第4章 光缆的结构和关键技术	69
4.1 光纤的基础	69
4.1.1 光纤	69
4.1.2 光纤分类	70

4.1.3 光纤的制造方法	72
4.1.4 光纤的基本特性	76
4.2 高密度光缆技术	79
4.2.1 光缆	79
4.2.2 光缆结构	80
4.3 低损耗光纤接续技术	84
4.3.1 接续损耗	84
4.3.2 接续分类	85
4.3.3 光连接器技术	85
4.3.4 熔接技术	86
4.4 简易光纤测量、检测技术	88
4.4.1 光损耗测量技术	88
4.4.2 光纤芯线对照技术	91
参考文献	91
第5章 传输系统的构成和关键技术	93
5.1 传输系统的分类和构成	93
5.1.1 上行/下行信息的复用	94
5.1.2 用户复用	97
5.1.3 业务复用	98
5.2 光纤的分支接续技术	100
5.2.1 时分复用接入系统	101
5.2.2 光频分复用接入系统	103
5.3 复用形式的组合和系统分类	103
5.4 补偿损耗的光放大技术	104
5.4.1 光放大器的分类	104
5.4.2 光放大器的理论	106
5.4.3 光放大技术的应用	109
5.5 光频分复用技术	110
5.5.1 光频分复用	110
5.5.2 光频分复用(FDM)的主要技术	111
5.5.3 光频分复用技术的应用	113
5.6 支撑多媒体业务的图像编码技术	114

参考文献	115
第6章 网络结构及构成技术	117
6.1 同步数字传输系列	117
6.1.1 复用和同步	117
6.1.2 过去的复用传输速率系列	118
6.1.3 同步数字传输系列——SDH 系统	120
6.1.4 传递模式(ATM)和(STM)技术	121
6.2 光接入网的应用	124
6.2.1 网络业务	124
6.2.2 转接传输网	126
参考文献	129
第7章 光缆的应用	130
7.1 光纤到家庭	130
7.1.1 光接入线路的构成	130
7.1.2 光接入线路网的构成方法	130
7.2 光缆的代表结构	132
7.2.1 光缆的种类	132
7.2.2 局用光缆的具体结构	132
7.2.3 室外光缆的具体结构	133
7.2.4 用户楼内及住宅内光缆的具体结构	135
7.3 光连接器和光纤熔接技术	136
7.3.1 单芯光纤连接器	136
7.3.2 多芯光纤连接器	136
7.3.3 熔接技术	137
7.4 收容光纤接点的接头盒和分线盒	140
7.5 光缆的维护和测试方法	142
7.5.1 充气维护和非充气维护方法	142
7.5.2 远端监测系统	143
7.5.3 芯线倒换方式	145
7.6 未来的光缆技术	146
7.6.1 超高密度多芯光缆	146
7.6.2 单触式光缆接续技术	147

7.6.3 线路施工机器人	147
参考文献	148
第8章 光接入系统的应用例	150
8.1 图像专线系统	150
8.1.1 FV-4M 传输方式	150
8.1.2 FV-6M 传输方式	151
8.1.3 高清晰度图像及宽频带图像传输系统	152
8.2 数字传输方式	152
8.2.1 大容量数字传输方式	152
8.2.2 高速信息通信(INS-1500)传输系统	153
8.3 光用户复用传输系统	153
8.3.1 电话用光用户复用传输系统(A/I-CT/RT)	155
8.3.2 低速数据电路光用户复用传输系统(专线 CT/RT)	156
8.3.3 INS 网光用户复用传输系统(I-CT/RT)	156
8.3.4 数字环路载波系统(DLC: Digital Loop Carrier)	157
8.3.5 灵活接入系统 FAS(Flexible Access System)	157
8.4 进一步扩大应用范围的光接入系统	158
8.4.1 低速数字光接入系统	158
8.4.2 波分复用(FDM)光接入系统	162
8.4.3 高速数字光接入系统	163
8.4.4 世界各国的发展动向	163
8.5 面向宽带综合业务数字网(B-ISDN)的未来系统	169
参考文献	170

第0章 克林顿总统和光通信

美国政府的信息通信政策的变化频繁当属世界第一,在民主党路易贝尔特总统上台以来的政府,以及目前在位的力求振兴美国经济的克林顿总统和戈尔副总统的领导下,加快了美国的光通信建设步伐。本节将介绍美国对通信建设的现行政策以及目前是否需要这种政策等。

1993年1月20日,美国的毕尔·克林顿政权诞生。克林顿总统在其就职演说中说“乔治·华盛顿在举行第一次总统就职宣誓时,其宣誓就职的新闻消息是通过骑马横穿美洲大陆,乘船横渡海洋一步一步地将就职消息传递出去的。现在我们举行的就职仪式的情景和声音,可通过广播瞬间就能传递到全世界的几十亿人们中间。目前的通信和通商已经达到全球规模,投资也失去了地理限制,技术达到了变魔术的境界。……那就让我们面对严峻的现实,坚持一步一步地走下去,我们只有这样做,别无选择。如果脱离了我们应该前进的轨道,那就会使美国的财富减少,经济发展受挫折,就会动摇美国人们的自信心。……那就让我们的政府成为弗兰克林·路易贝尔特所提倡的‘大胆的、顽强的试验场’吧。我们不是为了昨天的政府,我们是为明天而奋斗的政府。”

克林顿总统已经赋予戈尔副总统制定美国政府技术政策的权力,指定世界上最大规模的计算机生产厂家、美国克雷公司的现任总裁约翰·劳尔华盖先生(51岁)为商务次官。美国政府的目的是让代表美国高新技术的生产厂家的现任经营者和戈尔副

2 第0章 克林顿总统和光通信

总统出面谋求恢复美国产业在全世界的竞争力。戈尔副总统从担任上议院议员的时代起就积极地推动美国开展高速、宽频带信息通信基础的建设。

戈尔副总统于 1991 年在《SCIENTIFIC AMERICAN》杂志上发表过以下内容的论文。

“创造信息,让人们理解信息的技术。每当这种技术出现时就会戏剧性地改变人类的文明。象过去的印刷机械使近代发达国家成为现实一样,今天在印刷机械发挥更大作用的基础上,让无数个分散的网络连接起来组成大规模计算机和 LAPTOP 计算机,让它们尽早地改变人类文明的状况吧。

美国的信息处理方法是美国成功的关键。若要最大可能地获取信息化时代的资源,则必须建设规模巨大的高速通信传输网络,以便将目前无法计算的几百万台计算机连接起来。让我们想一想大规模计算机吧,现在的网络是不可能有效地与之联网的。目前,最重要的问题是建立一个高速数据公路。这个高速数据公路是打开信息化时代序幕的最大的唯一主角。但是,美国的现行政策是以金属电缆传输网络为基础的,它将妨碍新的光纤时代的展开。然而,象日本和德国那样的先进国家,包括正在建设电话通信网的发展中国家是不存在这个问题的。如果美国不打破这种信息化的难题,依然维持旧的状态的话,美国的技术就会被外国拿走。

过去,一个国家交通基础的好坏决定了国际经济战争的胜负。而具备能容纳大型船只的港口的国家一定能够取得经济战争的胜利。根据基础设施的投资规律,投资于港口、运河、铁路、高速公路、上下水管道等基础设备的做法,是提高国家竞争力的最有效的方法。若将光纤全部敷设到所有的家庭、办公室、工厂、学校、图书馆、医院等机关单位的话,约有 1000 亿美元的企业投资就能完成。

最近十五年来,我们一直在推动美国联邦政府作为国家的执

政机关应该向超高速信息通信网的基础建设投资。同时也努力于向新一代全美研究教育网络(NREN; The National Research and Education Network)的建设投资,它的速率比国际互联网(Internet)的速率高约100倍。

全美网络的建设只不过是振兴美国的第一步。美国必须摆脱经济停滞不前的状态。若美国的经济发展停滞不前,这些技术的优越性只会成为让其他国家观看的东西,外国人必然抢先,而我们要成为世界第一。”

戈尔副总统从担任上议院议员的时代起,就积极主张整治美国的信息网络使其带动美国的经济复苏。

戈尔副总统在1990年提出了关于向高功能计算机软件和硬件的研究开发投资的5年计划法案(The High Performance Computing Act)和关于确立连接医院、学校、办公室内等计算机的技术法案(The Information Infrastructure and Technology Act)。特别是前一个法案于1991年12月布什总统在上面签字生效,成为现在的全美高功能计算和高速通信(HPCC: High Performance Computing and Communications Projects)工程的基础。

高功能计算和高速通信(HPCC)工程的目标是:

(1) 在高功能计算技术和高速通信网络技术方面维持和扩大美国的优势;

(2) 积极广泛地推广和普及这些技术,有助于国家的安全、经济发展、教育、地球环境并带动社会变革;

(3) 通过在高功能计算技术和高速通信网络技术领域集中设计、制造力量,提高美国的制造能力和竞争能力。

为了完成这项目标,戈尔副总统主张必须建立1Gb/s速率的国家规模的研究网络。

这个高功能计算和高速通信(HPCC)工程由4个工程组成,其概要如下:

(1) 高功能计算系统(HPCS: High Performance Computing Sys-

tems): 开发1秒钟时间进行 10^{12} 运算处理(10^{12} FOLPS)的高速并联计算系统技术。

(2) 高功能软件技术(ASTA: Advanced Software Technology and Algorithms): 开发使高功能计算系统网络化的软件技术和运算技术。

(3) 全美研究教育网络(NREN: The National Research and Education Network): 在连接全美研究机关和教育机关计算机的高速数字通信网上建立和开发未来的 Gb/s 网络技术的测试场。

(4) 支援基础研究(BRHR: Basic Research and Human Resources): 支援多学科多种学问的长期基础研究。

1992 年度的政府预算总额是 6.38 亿美元,其中高性能计算系统开发约占 25%,高功能软件技术约占 41%;全美研究教育网约占 14%;支援基础研究约占 20%。1992 年度的预算比法定的 1991 年度预算额增加了 30%。

美国联邦政府为了获得美国空前的技术进步和不可动摇的经济竞争力,在称为伟大的挑战“计算机”和“通信网络”的研究开发工程上崭露头角。该高性能计算和高速通信(HPCC)工程的建设目标在于坚持美国的技术领导地位,并已着手建设提高性能 1000 倍的 TGb/s 级的新一代计算机系统和提高通信能力 100 倍的 Gb/s 级的新一代通信网。

新一代计算机的研究开发的目标是应用于大规模数据处理及扩大拓扑功能的大规模计算机信息的超高速处理和适用于 Gb/s 级到 TGb/s 级处理的超级并联计算机的分散处理技术。在应用方面也包括流体力学、探索新半导体用的分析材料,全球规模的天气预报等。图 0-1 示出了计算机技术的发展计划。

新一代通信网的研究开发目标是将政府机关、产业界和各大大学的计算机连接起来,建成全国规模的全美研究教育网络(The National Research and Education Network)。第一阶段的计划是通过电话网或其他中继网以 56kb/s 或 64kb/s 连接约 5000 个独立网,

组成国际互联网络(Internet),作为 1.5Mb/s 网络使用;第二阶段的计划是利用 45Mb/s 连接 200 到 300 家研究机关单位的网络;第三阶段的计划是将这个 45Mb/s 的网络扩大到全美 1000 家单位,同时,向所需要的研究机关提供 1 至 3Gb/s 的网络。为了让 Gb/s 级网络获得成功,就要毫不犹豫地将电缆更换成光纤光缆。图 0-2 示出了研究计划的预测情况。

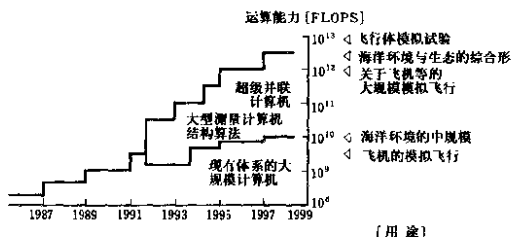


图 0-1 计算机技术的发展计划

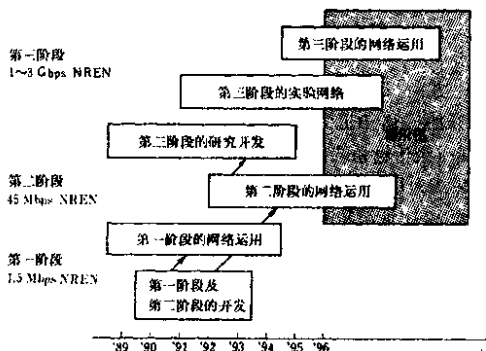


图 0-2 全美研究教育网络(NREN)的开发计划

在推进 HPCC 工程的建设中有八个单位参与规划,图 0-3 示出了工程和执行单位的关系。

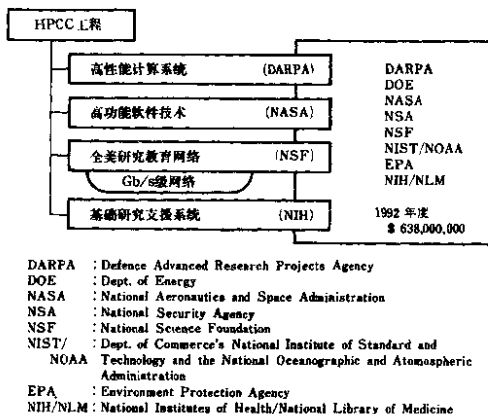


图 0-3 HPCC 工程的组成和执行单位

另一方面,日本 NTT 公司于 1985 年开始倡导光用户系统,1988 年开始提倡 TGb/s 级传输系统,并且进行了广范的研究开发。TB/s 级传输系统已于 1987 年应用于中继系统,同时以 1990 年中期完成为目标,对光用户系统进行了研究开发。1990 年 NTT 公司在面向 21 世纪初叶“以全球技术开发为基础,继续提高最新业务和可靠性,为创造丰富的社会生活和文化生活而做贡献”的前提下,以提供可视智能个人通信业务(VI&P: Visual Intelligent and Personal communications Service)为目标接受了这一要求。可视智能个人通信业务(VI&P 业务)是灵活运用高速、宽带和智能化的综合业务数字网(B-ISDN),可以实现以图像为中心的“看得见”业务,无论走到哪里都能找到对方,并能实现通信,又能掌握丰富信息